

PCT

世界知的所有権機'

国際事務

特許協力条約に基づいて公開



WO 9608738A1

(51) 国際特許分類6

G02B 6/10, 6/32, 6/42

A1

(11) 国際公開番号

WO 96/08738

(43) 国際公開日

1996年3月21日(21.03.96)

(21) 国際出願番号

PCT/JP95/01853

(22) 国際出願日

1995年9月18日(18.09.95)

(30) 優先権データ

特願平6/248633

1994年9月16日(16.09.94)

JP

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

並木精密宝石株式会社

(NAMIKI SEIMITSU HOUSEKI KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP]

〒123 東京都足立区新田3丁目8番22号 Tokyo, (JP)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)

対馬沢二(TSUSHIMA, Takuji)[JP/JP]

渋谷道知(SHIBUTANI, Michitomo)[JP/JP]

〒123 東京都足立区新田3丁目8番22号 Tokyo, (JP)

(81) 指定国

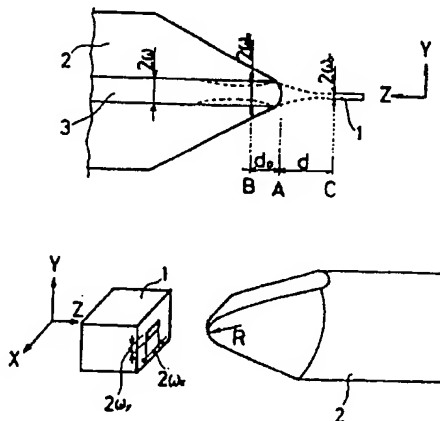
CA, US, 欧州特許(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

添付公開書類

国際調査報告書

(54) Title : OPTICAL FIBER WITH LENS AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称 レンズ付ファイバおよびその製造方法



(57) Abstract

An optical fiber with lens of a simple construction capable of taking in a flat beam of light efficiently and improving the optical coupling efficiency between an LD and a fiber, and a method of manufacturing the same. Diagonal cut surfaces are provided on both sides of a center line passing the center of a core at an end of an optical fiber which is opposed to a light source or the outgoing light, whereby a wedge-like end portion is formed, a semicylindrical lens formed to a desired radius of curvature being thus provided at this end of the optical fiber. Portions of a desired radius of curvature which extend in two orthogonal directions are further provided at this end of the optical fiber.

(57) 要約

本発明は簡単な構成で、扁平光線が効率良く取り込め、LD、ファイバ間の光結合効率を良くするレンズ付ファイバおよびその製造方法に関するものである。光源または出射光に対向する光ファイバ端のコア中心を基準にした中心線の両側に斜断面を設けて楔状とし、この先端に所望の曲率を設け半円筒状レンズを形成する。さらにこの先端に所望の曲率を直交する2方向に設ける。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	DK	デンマーク	LK	スリランカ	PT	ポルトガル
AM	アルメニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RO	ルーマニア
AT	オーストリア	ES	スペイン	LS	レソト	RU	ロシア連邦
AU	オーストラリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SD	スーダン
AZ	アゼルバイジャン	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SE	スウェーデン
BB	バルバドス	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SG	シンガポール
BE	ベルギー	GB	イギリス	MC	モナコ	SI	スロヴェニア
BF	ブルキナ・ファソ	GE	イギリス	MD	モルドバ	SK	スロヴァキア共和国
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MG	マダガスカル	SN	セネガル
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MA	マダガスカル旧ユーゴ	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MK	マケドニア共和国	TG	トーゴ
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	ML	マリ	TH	タイ
CA	カナダ	IS	アイスランド	MN	モンゴル	TJ	タジキスタン
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリア	MR	モリタニア	TM	トルクメニスタン
CG	コンゴ	JP	日本	MW	モザンビーク	TR	トルコ
CH	スイス	KE	ケニア	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CI	コート・ジボアール	KG	キルギスタン	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CM	カメルーン	KP	朝鮮民主主義人民共和国	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CN	中国	KR	大韓民国	NO	ノルウェー	US	米国
CZ	チェコ共和国	KZ	カザフスタン	NZ	ニュージーランド	UZ	ウズベキスタン共和国
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	PL	ポーランド	VN	ヴェトナム

## 明 細 書

## レンズ付ファイバおよびその製造方法

## 技 術 分 野

本発明は、光通信に使用する発光源と光ファイバとの光結合に関するものである。

## 背 景 技 術

光通信の発光源としては、レーザダイオード（以下LDという）、発光ダイオード等が用いられるが、光伝送路である光ファイバに入光させるためには光ファイバ端を発光面に位置合せして結合させるのが一般的である。

しかしながら、発光面からの光の出射角は、かなりの広がりがあるため、光ファイバとの結合効率は良くない。従って、結合効率を向上させるためのレンズ等を挿入して光を集束させ、光ファイバへの入光を良くする方法がある。

LDと光ファイバとの光結合を取るには、従来、図5(a)～(d)に示すような多様な組合せが考えられてきた。LDから放射される光は、光分布が円状のガウス分布ではなく縦方向と横方向で大きく異なる楕円ビーム状となる。

図6にLDの出射ビームの広がり角を説明する図を示すが、このように近端光分布NFPはX軸方向に横長で、

遠端光分布 N F P になると Y 軸方向に広がった楕円状の光線分布になるため、高い結合効率が得られなかった。

図 5 (a) に示す結合方法は早くから考案されたもので、円柱レンズ 21 を L D 1 と光ファイバ 20 との間に配置することにより、結合効率を高くしようとした例である。

図 5 (c), (d) に示す結合方法は、それぞれ楕円性は無視して光の収差を考えた非球面レンズ 22 を用いたり、組上りの結合トレランスを少しでも緩やかにするために 2 個のレンズ 23, レンズ 24 を共焦点位置に配置した場合である。

この場合、レンズはファイバ型より高価となるが、結合が遜色なく実現できる利点は確保される。但し、図 5 (a), (c), (d) の例ともレンズとファイバが分離しているので、その分だけ光軸合わせが難しくなり、また光路中に界面が生ずるのでその分光損失が生じる。また、勿論反射防止膜は施されていても、この場合 3 面あるので好ましくない。さらに、部品点数が多いことは、システム全体のコストを高価にする。

一方図 5 (b) の例では、ファイバ 20 の先端に光軸である Z 軸に対称な曲面部 25 を形成したもので、前述のような欠点は緩和されるが、L D 1 から放射される光線が楕円形状の分布をしているにもかかわらず円形コアに結合させるため、軸合わせが極めて狭い範囲でしか取れなくなり、原理的にも限界がある。

特に、今後光増幅等で光励起用 L D として期待されて

いる歪格子型量子井戸レーザ等では、注入電流を増大するため、活性層断面を広く取る必要が生じ、結果として側面に形成される光放射窓部が、厚み方向は変わらず（ $0 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度）横方向に広がった（ $0 \sim 200 \mu\text{m}$ 程度）形状となり、従来のLDに比較して益々扁平度合が大きくなっており、効率よく光を結合するには、遠端分布に合った扁平レンズが必要となっていた。

上記問題点に鑑み、本発明は、特殊な個別レンズを組合せる方式に対して、簡単な構成で、扁平光線が効率良く取り込め、LD、ファイバ間の光結合効率を良くするレンズ付ファイバを提供することを目的とする。

### 発 明 の 開 示

本発明は、前記従来技術の課題を解決する為になされたもので、本発明によるレンズ付ファイバは、光源または出射光に対向する光ファイバ端のコア中心を基準にした中心線の両側に斜断面を設けて楔状とし、この先端に所望の曲率を設け半円筒状レンズを形成したものである。

また、その半円筒状レンズ端の半円筒方向に、当該半円筒半径より大きな曲率を付与し、先端に曲率の異なる互いに直交した曲面を形成したものである。

本発明のレンズ付ファイバにおいては、上記のとおり構成したので、ファイバレンズを備えていて結合方法が簡単である。また、扁平光線が取り込めるので、高い結

合効率を得ることが出来る。

即ち、出射端が扁平な高出力LDやLEDの発生する光線を、漏れなく光ファイバへ結合することが可能となる。

本発明のレンズ付ファイバにおいては、上記のとおり構成したので、ファイバレンズを備えていて結合方法が簡単である。また、扁平光線が取り込めるので、高い結合効率を得ることができ、低コストで、扁平光線が取り込め、半導体レーザと光ファイバ間の光の結合効率を良くするレンズ付ファイバを提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施例を示す先円筒のレンズ付ファイバの形状を示す三面図。

図2は、本発明の他の実施例を示す先楕円レンズ付ファイバの形状を示す三面図。

図3は、本発明の実施例のレンズ付ファイバの製造方法を説明する図である。

図4は、扁平なビームウエイストの形成を説明する図

図5は、従来のLDとファイバとの光結合方法を示す図。

図6は、LDの出射ビームの広がり角を説明する図。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。図1は本発明の実施例を示す先円筒のレンズ付ファイバの形状を示す三面図である。図2は本発明の他の実施例を示す先楕円レンズ付ファイバの形状を示す三面図である。図3は本発明の実施例のレンズ付ファイバの製造方法を説明する図である。図4は扁平なビームウェイスットの形成を説明する図である。

本発明によるレンズ付ファイバは、図3に示すようにファイバの片面から研磨し、ファイバのセンタまで研磨したら180°回転し、反対方向から研削することで、楔形状のファイバを形成し、先端を所望の曲率にするため、適当な研磨を加える。

図1、図2はその形状例である。図1は、半円柱レンズとなり、扁平性の高いLDに適している。図2は直交方向にも曲率を与えることで、図4中のY軸方向に広がる光線をも集光する効果を有する形状である。

次に図4を参照してLDから出射された光ビームが先円筒レンズ付ファイバに効率良く入射する原理を説明する。

LD1の窓部CにおけるY軸方向のビームウェイスット半径を $\omega_y$ 、X軸方向のビームウェイスット半径を $\omega_x$ 、シングルモードファイバ（以下SMFという）2のコア半径を $\omega$ とする。

先円筒レンズ付ファイバのファイバ端Aから、先円筒

レンズ付ファイバ内部のビームウェイト半径  $\omega_0$  までの距離  $d_0$  を求める。

S M F では、屈折率  $NA = 0.1$  で入射される。一方、ファイバコア 3 の屈折率  $n$  を  $n = 1.465$ 、コア径  $2\omega = 6 \mu m$  とすると

式 1

$$\theta(d_0) = \tan^{-1} \left( \frac{\lambda \cdot d_0}{\pi \cdot \omega_0^2 \cdot n} \right) = 3.914 \text{ deg}$$

式 2

$$\omega_v = \omega_0 \sqrt{1 + \left( \frac{\lambda \cdot d_0}{\pi \cdot \omega_0^2 \cdot n} \right)^2} = \omega_0 \sqrt{1 + \tan^2 \theta(d_0)} \quad \text{より}$$

$$\omega_0 = \frac{\omega_v}{\sqrt{1 + \tan^2 \theta(d_0)}}$$

よって、式 1、式 2 より  $\omega_0 = 2.9024 \mu m$  となる。

これより逆に

$$\text{式 3} \quad d_0 = \frac{\tan \theta(d_0) \cdot \pi \cdot \omega_0^2 \cdot n}{\lambda}$$

例えば、光線の波長  $\lambda = 830 \text{ nm}$  なら、 $n = 1.465$  において式 3 に代入すると、 $d_0 = 3.12 \mu m$  となる。

ここで、先円筒レンズ付ファイバのファイバ端 A から、LD の窓部 C までの距離  $d$  を求めるには、レンズの曲率を  $R$  として、



式 4

$$\begin{aligned}
 [M] &= \begin{pmatrix} 1 & d & 1 & 0 \\ 0 & 1 & \frac{1-n}{R} & n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & d_0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} 1 + \frac{1-n}{R} \cdot d & d_0 + \frac{1-n}{R} \cdot d \cdot d_0 + n \cdot d \\ \frac{1-n}{R} & \frac{1-n}{R} \cdot d_0 + n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

と表される光線マトリクスから決定される。

即ち、一般的な beam matrix の式から、

$$\text{式 5} \quad \left| \frac{\omega_y}{\omega_0} \right|^2 = \frac{1}{\left| \frac{\pi \cdot \omega_0^2}{\lambda} \right|^2 \cdot C^2 + D^2}$$

これより、 $\omega_y$ が求まる。例えば、曲率  $R = 10 \mu\text{m}$  のとき、 $\omega_y = 1.32 \mu\text{m}$  となる。逆に  $\omega_y$  が分っていれば最適な曲率  $R$  が求まる。

同じように、

$$\text{式 6} \quad \left| \frac{\omega}{\omega_0} \right|^2 = A^2 + \left| \frac{\lambda}{\pi \omega_0^2} \right|^2 \cdot B$$

から  $d = 15.22 \mu\text{m}$  が求まる。このとき  $\omega_x$  は、レンズ効果がないから、

$$\text{式 7} \quad \omega_x = \omega_0 \sqrt{1 + \left( \frac{\lambda \left( \frac{d_0}{n} + d \right)}{\pi \cdot \omega_0^2} \right)^2}$$

と表される。例えば、 $d_0 = 3.12$ 、 $\omega_0 = 2.9024$  とすれば、 $\omega_x = 3.4 \mu\text{m}$  となる。

すなわち、半円形レンズファイバを出射したビームは、コア径  $2\omega = 6\mu\text{m}$  の SMF で波長  $\lambda = 830\text{nm}$  ならば、曲率  $R = 10\mu\text{m}$  とするとき、レンズ端 A から  $d = \text{約 } 15\mu\text{m}$  の位置に、 $\omega_x = \text{約 } 3.4\mu\text{m}$ 、 $\omega_y = \text{約 } 1.3\mu\text{m}$  の扁平なビームウェイストを形成することができる。

従って、 $\omega_y$  が  $\omega_x$  に比して小さい高出力半導体レーザーのとき、 $(\omega_y / \omega_x) = \text{約 } 1/3 \sim 1/5$  位の扁平化した放射窓に適合したファイバレンズが形成でき、高い結合効率を得られる。

製造加工方法としては、光ファイバを固定し、光軸に対して  $25^\circ$  傾けた研磨板によりファイバー中心まで研磨する。次にこの固定したファイバを上下  $180^\circ$  回転させ、同様に光軸に対して  $25^\circ$  傾けた研磨板により研磨し、楔形状に形成する。その後ファイバを光軸を中心に回転させながら、楔先端部を  $R = 10\mu\text{m}$  の曲率をもつように研磨仕上げた。

## 請 求 の 範 囲

- (1) 光源または出射光に対向する光ファイバ端の一部に斜断面を設けて楔状とし、この先端に所望の曲率を設けたことを特徴とする先円筒のレンズ付ファイバ。
- (2) 光源または出射光に対向する光ファイバ端の一部に斜断面を設けて楔状とし、この先端に所望の曲率を直交する2方向に設けたことを特徴とする先楕円のレンズ付ファイバ。
- (3) 光ファイバ端面をその片面から機械的研削および研磨により、ファイバの片面から研磨し、ファイバのセンタまで研磨したら180°回転し、反対方向から研削することで、楔形状のファイバを形成し、次に先端を所望の曲率にするため、研磨を加えることを特徴とする先円筒のレンズ付ファイバの製造方法。
- (4) 光ファイバ端面をその片面から機械的研削および研磨により、ファイバの片面から研磨し、ファイバのセンタまで研磨したら180°回転し、反対方向から研削することで、楔形状のファイバを形成し、次に先端部において、所望の曲率にするため研磨を加え、さらにそれと直交する方向にも所望の曲率にするため研磨を加えることを特徴とする先楕円のレンズ付ファイバの製造方法。

図 1

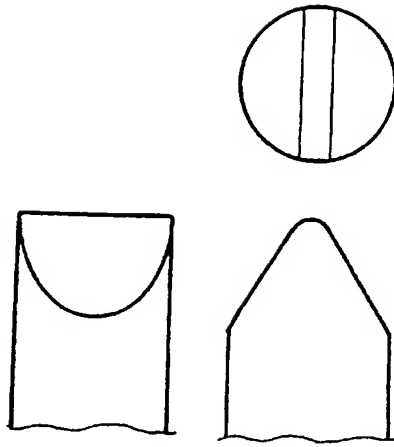
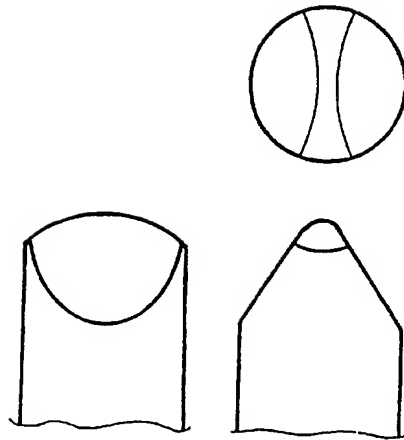
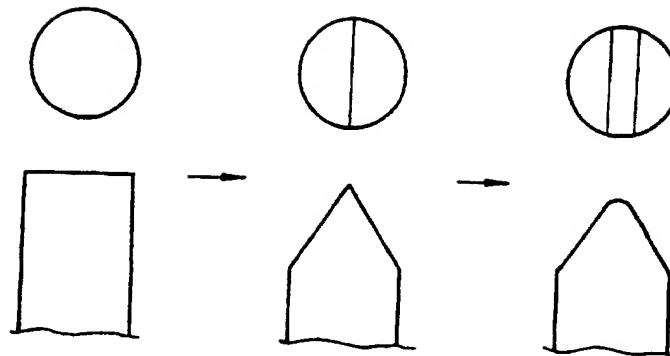


図 2



☒ 3 (a)



(b)

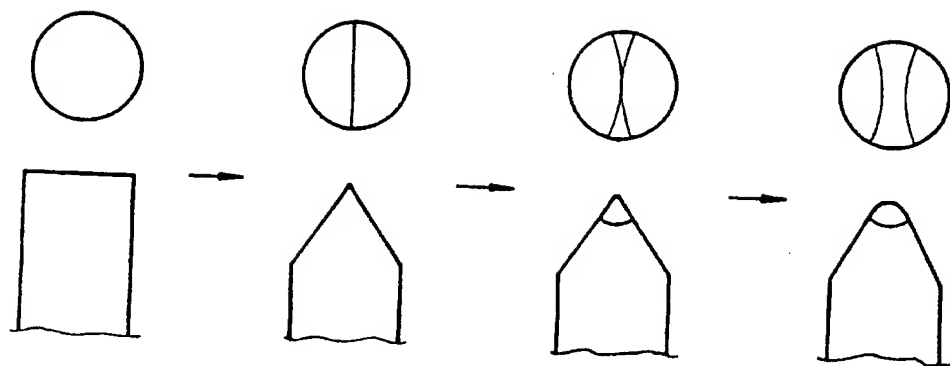


図 4

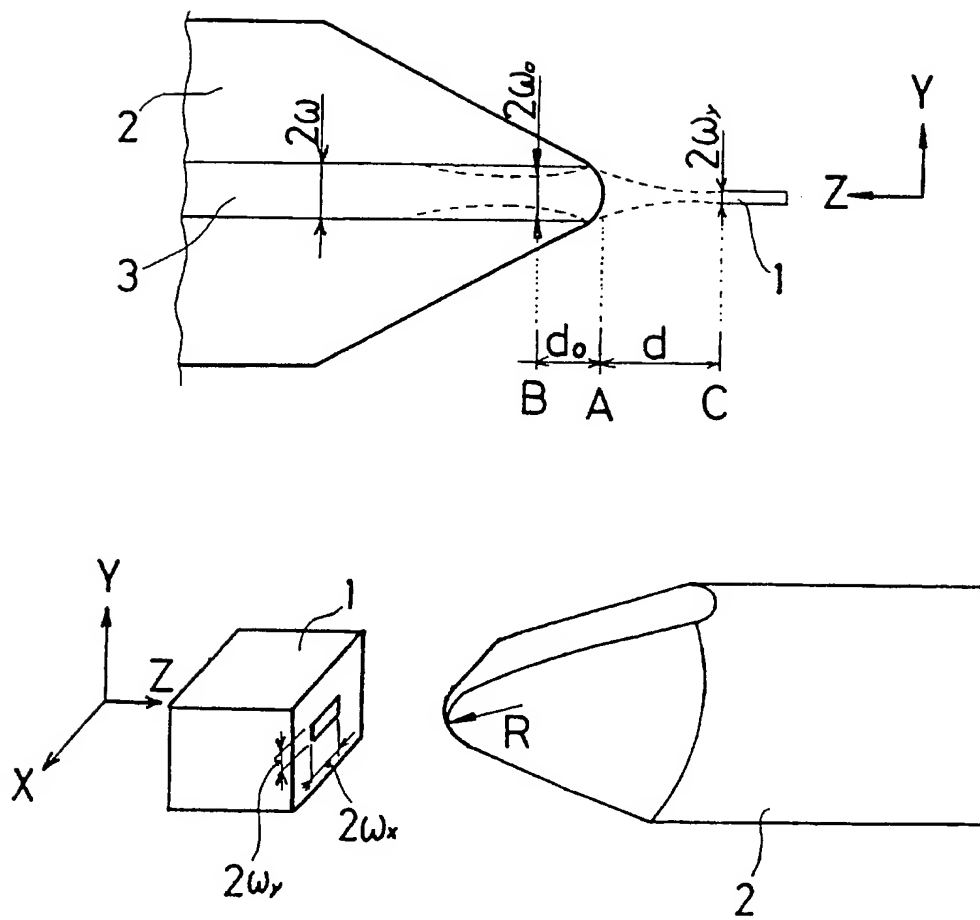
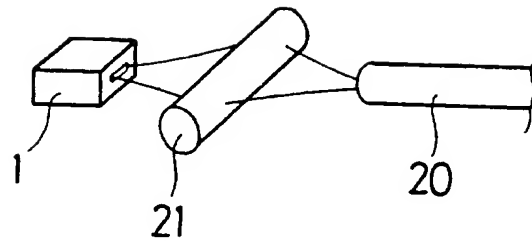
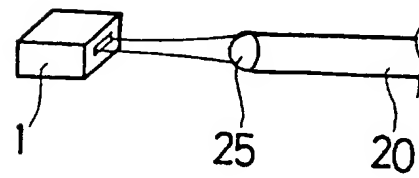


図 5

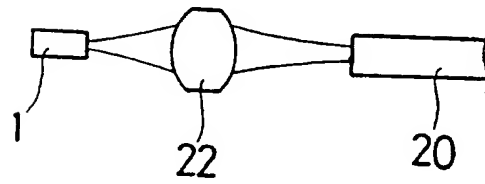
(a)



(b)



(c)



(d)

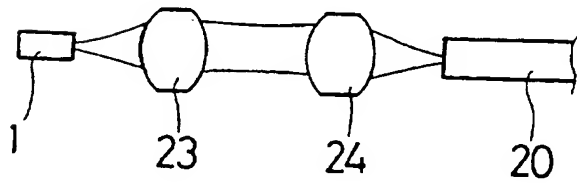
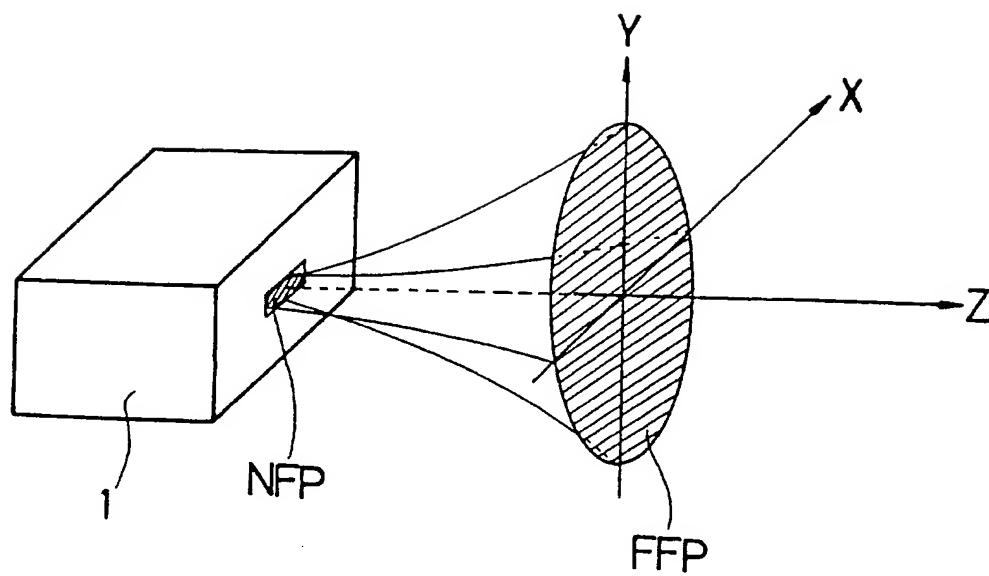


図 6





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP95/01853

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl<sup>6</sup> G02B6/10, 6/32, 6/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl<sup>6</sup> G02B6/10, 6/32, 6/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho

1926 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho

1971 - 1995

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 57-32517, B2 (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), July 12, 1982 (12. 07. 82) (Family: none)	1 - 4
X	JP, 61-241710, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), October 28, 1986 (28. 10. 86) (Family: none)	1 - 4
A	JP, 50-92749, A (Hitachi, Ltd.), July 24, 1975 (24. 07. 75) (Family: none)	1 - 4
A	JP, 57-43883, B2 (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), September 17, 1982 (17. 09. 82) (Family: none)	1 - 4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
November 30, 1995 (30. 11. 95)

Date of mailing of the international search report  
December 19, 1995 (19. 12. 95)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. <sup>8</sup> G 0 2 B 6 / 1 0 . 6 / 3 2 . 6 / 4 2		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl. <sup>8</sup> G 0 2 B 6 / 1 0 . 6 / 3 2 . 6 / 4 2		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1995年		
日本国公開実用新案公報 1971-1995年		
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP, 57-32517, B2 (日本電信電話公社), 12. 7月. 1982 (12. 07. 82) (ファミリーなし)	1-4
X	JP, 61-241710, A (松下電器産業株式会社), 28. 10月. 1986 (28. 10. 86) (ファミリーなし)	1-4
A	JP, 50-92749, A (株式会社 日立製作所), 24. 7月. 1975 (24. 07. 75) (ファミリーなし)	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日		国際調査報告の発送日
30. 11. 95		19.12.95
名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 橋 場 健 治 ④ 電話番号 03-3581-1101 内線 3255

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP 95 / 01853
C (続き) 関連すると認められる文献		関連する請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
A	JP, 57-43883, B2 (日本電信電話公社), 17. 9月. 1982 (17. 09. 82) (ファミリーなし)	1-4